

熱帯対流圏界面遷移層のエアロゾル揮発特性と組成
—インドネシア Biak 島における in-site 気球観測—

(福岡大・理) 林政彦*, 江口菜緒美, 河口歩, 武田尚太, 長沼歩, 原圭一郎, 原直子, 尾塚馨一
(名古屋大院・環境) 柴田隆, (北大院・地球環境) 長谷部文雄

1. はじめに

大気は地球規模で循環し、それに伴いオゾン、水蒸気、メタンなどの様々な微量成分も輸送される。対流圏から成層圏への大気の流れは、極めて低温の熱帯対流圏界面層 (TTL: 高度約 14 から 19km) を通して行われると考えられている。このため、大半の水蒸気は TTL 内で凝結して雲を形成し、大気の流れから脱落し(脱水)、大気は極めて乾燥した状態(約 2ppm)で成層圏に流入する。一方で、TTL における巻雲の形成はしばしば、非常に高い過飽和度(相対湿度が約 150%)で起こることが報告されており、エアロゾルの組成とその氷晶核機能についての理解が、TTL における脱水過程を理解する上でも重要な課題となっている。そこで、西太平洋領域における成層圏・TTL のエアロゾル粒径分布と組成に関する知見を得るため、2011, 12, 13 年 1 月、2015 年 2, 3 月に、インドネシア、Biak 島にて気球観測を実施した。

2. 観測

本研究では、エアロゾル組成を揮発特性により推定することとし、エアロゾルの粒径分布と非揮発性粒子の粒径分布を得るために、大気を非加熱状態で直接計測する光散乱粒子計数装置 (OPC) とサーモデニューダーを接続した OPC (TD-OPC) を同時飛ばさせた。OPC の計測直径は $D_p > 0.3, > 0.4, > 0.5, > 0.66, > 0.8, > 1.2, > 2.0, > 3.4, > 7.0, > 11.4 \mu\text{m}$ (屈折率 $m = 1.4 - 0i$ 光学的等価粒径)、サンプリング流量は 3.0 L/min である。サーモデニューダーはステンレス管(内径 5 mm あるいは 8mm、長さ 70 cm)を加熱部長 50 cm(全長 60cm)のマントルヒータ(DC24 V, 50 W)で、 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ で 50°C 刻みに加熱した。室内実験により、1 気圧下でテスト粒子の $100 \sim 300^\circ\text{C}$ における揮発試験を行い、上空における揮発温度は、硫酸 100°C 、硫酸アンモニウム・硫酸水素アンモニウム $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 、海塩 300°C 以上と推定された。

この観測装置をインドネシア Biak 島のインドネシア航空宇宙庁(LAPAN)観測所($1^\circ 10' \text{ S}, 133^\circ 6' \text{ E}$)より、2011 年 1/10 (加熱温度: 200°C)、2012 年 1/10 (200°C)、1/11 (150°C)、1/12 (100°C)、2012 年 1/9 (200°C)、1/10 (300°C)、1/11 (250°C) に放球した。

また、2015 年 2 月 26 日、3 月 1 日には、2 段慣性インパクターを 3kg ゴム気球により放球し、高度 $10 \sim 25 \text{ km}$ までのエアロゾルサンプルを回収した。

3. 結果と考察

2011 年には、cold point tropopause の直下の 18 km 付近に数万個/g の混合比($0.3 \mu\text{m}$)の大粒子濃度のピークが見られた。2010 年 11 月の Merapi 火山の噴火によるものと推定される。2012 年には 3 回の観測を通して cold point tropopause の上の約 20 km に同様のピークを持つ層が見られた。これらの増大層のサブミクロンのエアロゾルはいずれも揮発性は高く、硫酸エアロゾルと推定された。2012 年に見られた増大層は、別の火山噴火による可能性が高い。また、2011 年には、火山性の増大層の下部に $1 \mu\text{m}$ 前後の不揮発性粒子がみられた。これは、火山性の鉱物粒子であった可能性が高い。

TTL 内のエアロゾルの主成分は、部分的に中和された硫酸あるいは硫酸と硫酸アンモニウムの外部混合エアロゾルと推定され、不揮発性成分がわずかに ($0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度で 5%程度) 含まれていた。不揮発性成分は、積乱雲活動に伴う雲層内で他と比べて多かった。また、成層圏のエアロゾルは硫酸が主成分と推定された。また、TTL よりもやや低い割合で不揮発性粒子が存在していた。

以上の結果から、火山性の不揮発性粒子がない場合でも、積乱雲により TTL 内へ不揮発性微小粒子が供給されていることが推定された。これらの不揮発性粒子数濃度は、TTL で観測される大規模巻雲の粒子数濃度と同程度であり、大規模巻雲の氷晶核として機能している可能性がある。

不揮発性成分としては、鉱物、海塩、すすの他、有機化合物の可能性も考えられる。発表当日は、ゴム気球による回収サンプルの分析結果も紹介し、TTL エアロゾルの揮発特性と組成の案形について考察を行う。今後、上部 TTL に現れるエアロゾル濃度増大層や雲に関する詳細な解析を進める予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(課題番号: 22241004, 26220101)により実施された。また、Biak 島における観測にあたっては、東北大学青木周二教授をはじめとする大気球観測グループ、京都大学 稲飯洋一博士、明星電気 杉立卓治博士ならびに LAPAN 観測所の研究員の方々に協力していただいた。ここに感謝の意を示す。